

## REVISIÓN CRÍTICA DE LAS DISTINTAS SOLUCIONES PARA CONTROL DE LAS HUMEDADES DE SUBSUELO MEDIANTE CÁMARAS DE AIREACIÓN EN EDIFICIOS HISTÓRICOS

Autores: M.T. Gil-Muñoz (1), y F. Lasheras-Merino (2)

(1) Universidad Politécnica de Madrid, m.teresa.gil@gmail.com, tel. 626.703.300

(2) Universidad Politécnica de Madrid, felix.lasheras@upm.es

### RESUMEN

La presente comunicación se enmarca en el proyecto de tesis doctoral denominado «Criterios de diseño y caracterización de las cámaras de aireación, para el tratamiento y prevención de las humedades de capilaridad en edificios de interés patrimonial», que actualmente se está desarrollando dentro del programa de doctorado de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM.

La comunicación aborda el **análisis** de las soluciones tipo de cámaras de aireación en edificios históricos, ejecutadas en la zona centro de la península en los últimos 50 años, ciñéndose a las **cámaras lineales de ventilación de las bases de los muros y cimentaciones**.

La **revisión crítica** resalta la importancia de los **estudios previos para el diagnóstico**, y del conocimiento que se requiere de ellos, para justificar objetivamente este tipo de soluciones, que suponen planteamientos agresivos para el monumento y son costosos a nivel económico; así como la necesidad de un seguimiento posterior a la ejecución para constatar su funcionamiento o mejora.

**Palabras clave:** humedad de subsuelo; cámara de aireación; edificio histórico; rehabilitación.

### 1 INTRODUCCIÓN

La patología de los edificios históricos con origen en la humedad del subsuelo, la mayor parte de las veces se manifiesta con zócalos húmedos y alteración de los materiales pétreos. Por esta razón, en muchas ocasiones se han ejecutado cámaras de aireación en la solera o cimentación de los edificios de interés patrimonial para paliar el efecto del agua.

El objetivo principal de una cámara de aireación es minimizar el contenido de agua en el muro o en el suelo, potenciando la transferencia de vapor de agua entre las condiciones del muro o suelo y el aire de la cámara (con menor contenido de agua). A su vez, el aire de la cámara requiere de un intercambio entre las condiciones del aire interior de la cámara con el aire exterior (cuando se dan condiciones favorables) para hacer eficaz el sistema.

Se ha elaborado una clasificación tipológica a nivel formal de las distintas soluciones aplicadas para control de la humedad de subsuelo mediante cámaras de aireación. Los tipos más representativos son: solera ventilada, cámara lineal ventilada y zócalo ventilado.

Existen distintos antecedentes de cámaras perimetrales de aireación en la base de los muros de los edificios históricos, documentados a través de la bibliografía. Se trata de soluciones planteadas desde antiguo para resolver el problema de humedad de subsuelo en los edificios. Son representativos los tratados del mundo romano, del renacimiento o de la segunda mitad del siglo XIX y primera mitad del XX. También se dispone de testimonios históricos de cámaras perimetrales de aireación, como en las catedrales de Burgos y Valladolid, o en la iglesia de Santa Cruz la Real de Segovia. Estas referencias han servido de base para su aplicación en edificios históricos con problemas de humedad de subsuelo.

## 2 CONDICIONANTES DE LAS CÁMARAS DE AIREACIÓN

Los principales condicionantes a los que se tienen adecuar las cámaras de aireación son los tipos de suelo y sus estados de humedad, los tipos de cimentación, y los tipos de muro.

Los tipos de suelo del edificio se ligan a la clasificación de Casagrande, habitual de los estudios geotécnicos. Se considera que el estado de humedad del suelo más frecuente en la zona de contacto con la cimentación del edificio puede ser: saturado (por debajo del nivel freático), mojado (con agua capilar), húmedo (con vapor), (casi)seco (humedad residual o capa vegetal superficial) y sobremojado o parcialmente saturado (periódicamente por agua de lluvia). Los edificios que se han estudiado, normalmente se encuentran en **suelo no saturado**.

Los tipos de cimentación que se han encontrado en los edificios objeto de estudio son: cal y canto, mampostería, y mampostería combinada con hiladas de ladrillo y sillería. Y los tipos de muros históricos son de una o dos hojas (con relleno) de ladrillo, mampostería o sillería.

## 3 VARIABLES FORMALES Y FUNCIONALES DE LAS CÁMARAS DE AIREACIÓN

Las **principales variables formales** que caracterizan las cámaras lineales son: cerramientos en relación con su grado de permeabilidad, sección y relación sección/perímetro, y forma de ventilación.

Las cámaras lineales bajo solado, en el perímetro de los muros o cimentación de los edificios históricos, se ubican en su cara interior, en su cara exterior o a ambos lados. En cámaras lineales situadas en la cara exterior del muro, frecuentemente el suelo interior del edificio está a una cota igual o inferior que la cota de suelo exterior.

Los **cerramientos verticales** de la cámara normalmente son de fábrica de ladrillo. Las dimensiones de la cámara y la solución formal vienen condicionadas por la profundidad de la cimentación del muro histórico o por la presencia de restos arqueológicos a preservar.

En cámaras lineales de pequeñas dimensiones, **no transitables**, con una anchura y altura similar, tanto si la cámara se ubica en la cara interior como en la cara exterior del muro histórico, los muretes a uno o a ambos lados pueden ser de ladrillo tosco, colocado de canto, a sogá, a tizón [1], etc. También la propia cámara puede tener forma de cuarto de bóveda, constituida por fábrica de ladrillo o prefabricado de hormigón.

En cámaras lineales con dimensiones próximas a la escala humana, **transitables**, los cerramientos verticales son: muros de ladrillo u hormigón armado, bóvedas verticales de ladrillo [2], o muros pantalla de hormigón. Para acodalar el cerramiento exterior contra el muro se utilizan estribos de fábrica de ladrillo en forma de arco, aproximación de hiladas o muretes de ladrillo perforado colocado a panderete.

El **apoyo de los muretes o muros** se realiza a través del propio firme, en pequeños zunchos armados, en dados de apoyo del muro que arranca en forma de arcadas o en pequeña solera de hormigón.

El **tipo de suelo** de la cámara puede ser el propio terreno natural, una base de ladrillo tosco, la propia solera de apoyo de los muretes, un pavimento cerámico sin apenas recibir en forma de V y con cierta pendiente para evacuación de agua, etc. Lo más frecuente es el

uso de la solera de hormigón con incorporación de media caña para posible evacuación de agua, conectada a la red de saneamiento.

Las dimensiones de la cámara y la solución formal de los cerramientos verticales condicionan el sistema de apoyo del **forjado de cierre**. Los forjados son de rasillón cerámico, de placa de hormigón, de viguetas y bovedillas o de bóveda de cuarto de cañón de ladrillo. Estos apoyan de distintas maneras en el muro o cimentación histórica. El rasillón cerámico normalmente se utiliza cuando la cámara la configuran dos muretes. Si junto al muro histórico no se levanta un murete las maneras de apoyar el forjado son: en machones equidistantes, en una fábrica de ladrillo conformando una arquería, en los estribos que acodalan el cerramiento exterior o en anclajes sujetos al muro histórico. En muchas ocasiones estos elementos apoyan en la zarpa de la cimentación histórica, con piezas intermedias de asiento.

A nivel formal el diseño de los huecos que permite la **ventilación** del vapor de agua de la cámara también difiere. Si se trata de cámaras en la cara interior de los muros históricos se busca la ventilación a través de huecos en el solado de la cámara, perforaciones inclinadas en el muro histórico o rozas para dar salida en codo y tener contacto con el exterior; también se conectan con zócalos interiores ventilados o se hace uso de chimeneas conectadas con el exterior para facilitar el tiro. En el caso de cámaras en la cara exterior de los muros las soluciones formales para ventilación de la cámara son paralelepípedos de fábrica, bolardos de fundición, garrotas de metal, tubos de goma conducidos a través del llagueado de la fábrica histórica [3], etc.

Las **principales variables funcionales** que caracterizan las cámaras de aireación son: capacidad de ventilación, drenaje del suelo y canalización/evacuación de pluviales.

En cámaras ubicadas en la cara exterior de los muros históricos, la solución formal determina el tipo de **ventilación** de la cámara, por ejemplo por diferencia de cota o por ventilación cruzada. También determina la forma de contacto del aire de la cámara con el aire exterior: vertical ascendente (rejillas horizontales), vertical descendente (garrotas) u horizontal (chimeneas con salida lateral, perforaciones horizontales o inclinadas en muros).

Muchas veces la cámara tiene como única función la ventilación del suelo o cimentación del edificio histórico, y por tanto, no tiene conexión a la red de saneamiento. O si el aporte de agua líquida que se prevé es mínimo y la cota de suelo de la cámara es inferior a la cota de saneamiento, la evacuación del agua líquida se dirige a un pozo de gravas.

El cerramiento exterior de las cámaras perimetrales de aireación es permeable o impermeable. La función permeable del muro exterior está supeditada a la introducción de una membrana en el trasdós del cerramiento vertical para impedir la filtración de agua, acompañada la mayor parte de las veces de un **drenaje** conectado a la red de saneamiento. En ocasiones el muro se construye con un mortero bastardo para mejorar su permeabilidad. Casi siempre estos muros quedan sin revestimiento en su cara interior.

Las rejillas de ventilación pueden incorporar otra función, la de **recogida de pluviales**: bajo la propia rejilla se sitúa un canal de evacuación del agua, independiente de la cámara de aireación aunque en contacto con esta para ventilación de la misma.

A veces se trata de soluciones complejas con distintas funciones: ventilación de la cimentación histórica, evacuación de pluviales y drenaje del terreno; lo que implica una conexión a la red de evacuación o saneamiento. O el sistema de cámara de aireación está implementado con otros elementos que intentan mejorar la eficacia de la cámara a través de **ventilación forzada** [4], **calefacción o climatización**.

## 4 REVISIÓN CRÍTICA DE LAS SOLUCIONES ESTUDIADAS / CONCLUSIONES

Hay diferentes aspectos que se consideran fundamentales en el estudio de las soluciones aplicadas en edificios históricos para control de los efectos de la humedad de subsuelo mediante cámaras de aireación: el clima local, la topografía del lugar, el tipo de sustrato e hidrogeología del suelo de apoyo de la cimentación, las cotas de suelo del entorno/cámara lineal/edificio, las características constructivas de la cimentación y los muros, la permeabilidad de los materiales de la cámara y sus mecanismos de ventilación.

El tipo de suelo sobre el que se ha cimentado o contra el que se ha construido el edificio y la posición del nivel freático dan pistas suficientes para conocer cómo se producen los aportes de agua desde el suelo. Estos aportes de agua están en función del tipo de acuífero, tal que el agua se manifiesta a través de fisuras, cavidades o en los poros del material del suelo.

Los aportes de agua también tienen origen en las precipitaciones. El suelo tiene una capacidad de filtración y llegado a su umbral de escorrentía el resto de agua quedará en superficie. Otros aportes de agua proceden de pluviales o de fugas de las redes urbanas, del riego, etc. que han de ser conducidos a la red de evacuación o saneamiento.

Los parámetros que se determinan básicos para evaluación de la eficacia de las cámaras lineales de aireación en edificios históricos son: la permeabilidad de los materiales de cerramiento y sus mecanismos de ventilación.

Lo óptimo es que el muro histórico y el suelo de la cámara de aireación queden libres, para permitir la evaporación del excedente de agua procedente del suelo. Si el muro de contención del terreno es permeable y evapora a la cámara, se evita la retención de vapor de agua en el terreno. La suma de los distintos aportes de vapor de agua (muro histórico, suelo y muro de contención) es lo que hay que cuantificar para determinar el caudal de vapor de agua a eliminar. En función del caudal a eliminar se ha de dimensionar la cámara y diseñar los huecos de ventilación (posición y tamaño) para conseguir un sistema eficaz.

Hay distintos problemas que justifican la adopción de diferentes soluciones para paliar el proceso patológico o daño que sufren distintos elementos o sistemas constructivos del edificio histórico con origen en la humedad de subsuelo. Pero no todas las soluciones son eficaces para resolver un mismo problema. Hasta la fecha, el diseño y construcción de las cámaras de aireación se apoya casi exclusivamente en el buen criterio y experiencia del proyectista, sin que existan unos criterios objetivos, científicos y tecnológicos contrastados que garanticen su funcionamiento a partir de la consideración explícita de los parámetros enumerados.

## 5 REFERENCIAS

- [1] F. Díaz-Pinés. *Proyecto básico y de ejecución de restauración de la iglesia de San Andrés en Ávila*. Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León, Valladolid, 2007.
- [2] F. Jurado. *Proyecto de restauración de la sinagoga de Sta. María la Blanca. Toledo*. Archivo General del IPCE, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, 1983.
- [3] E. González-Fraile. *Proyecto básico y de ejecución para la restauración de la capilla de San Juan Bautista. Iglesia del Salvador (Valladolid)*. Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León, Valladolid, 2006.
- [4] E. Barceló. *Proyecto de ejecución de la restauración del claustro y dependencias anejas del monasterio de Santa María de El Pualar. Rascafría (Madrid)*. Archivo General del IPCE, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, 2007.